

ローラー滑り台と1乗・2乗・3乗

著者	熊谷 正朗
雑誌名	プラントエンジニア
巻	50
号	8
ページ	68-69
発行年	2018-08
URL	http://id.nii.ac.jp/1204/00024130/

ローラー滑り台と1乗・2乗・3乗

今回の話は前回の続きで、発熱した娘が遠足で行けなくなった公園に、後日家族で出かけたところから始まります。

「うわ、なにこの変な痛み」。公園にあった、滑る面がローラーコンベヤのようにになっているローラー滑り台を滑ったあとのことです。娘が滑るのに上まで付いて行って、位置エネルギーがもたないからと一緒に3回ほど滑ったのですが、お尻の皮膚の奥の方に打撲とも筋肉痛とも違うような変な痛みが。周囲では別の家族のお父さんがお尻を出して家族に見てもらっています。滑っている途中から変な感じはあったのですが、テンション高めでとくに警戒していませんでした。しかも、この痛みは数日にわたって続きました。一方の娘は、7、8回は滑ったと思うのですが、何事もなさそうです。どうも、ローラー滑り台は子どもには良くても大人にとっては危険な遊具のようです。

そもそも、「子どもには何ともないことが大人だとまずい」ということはさまざまあります。たとえば、転んだときの影響もそうですし、子どもは自分の身長程度の高さから飛び降りても大丈夫、大人は足を痛めかねません。似たような話は人型ロボットでもあり、身長0.5mくらいまでは転んだときに打撲程度で済んでも、1mを超えると重体レベルの破損があり得ます。そこにはおそ

らく、さまざまな特性式の中の変数の1乗・2乗・3乗…の影響が大きく関わりと見られます。

たとえば、実際にはそう単純ではありませんが、子どもと大人が相似、すなわちある縮尺比で形状が同等な場合、体積は身長比の3乗になります。体積は縦×横×高さで決まり、それがすべて同じ比で変わるためです。密度は同じようなものでしょうから、質量・重量も身長比3乗。

さきの滑り台を考えると、座っている面の面積は2乗と考えられ、単に座っている場合のお尻の受ける圧力は身長に比例（3乗÷2乗＝1乗）しそうです。それだけで、そんなにダメージが増えるでしょうか？

ローラー滑り台はローラーが並んだ構造をしているため、1本通るたびにある振幅で身体が上下します（ボコボコ感じる）。これを乱暴ですが、正弦波振動で表すとその変化は $A \sin(\omega t)$ と書け、 A は振幅、 ω は角周波数＝滑る速度に比例します。これを1回時間で微分すると上下動の速度が、もう1回微分すると加速度が出ます。その加速度の振幅は $A \times \omega$ の2乗となりますが、加速度×質量が身体が上下するときに慣性力として生じ、これに関連した力もお尻にかかりそうです。ここまですとまとめると、圧力には「身長比×速度の2乗」に比例する要素が含まれる可能性が。そういえば、「どうすれば抵抗が減って速度

熊谷正朗 —KUMAGAI MASA-NAKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



が出せるか」を探求していたため、しばらく先行させた娘にも追いつくような速度で滑っていました。身長比で1.5倍くらい、速度で1.5～2倍くらいの比と見積もると、先の計算では3～6倍、これは大きな違いです。もちろん、そもそも身体に対する脂肪の厚さなども違いますし、乱暴な仮定をいくつも立てたため、現実とはそれなりに異なると思いますが、大人が滑るときはゆっくりにすべきかもしれません。あるいは、大人は禁止。

機械設計に関わることに、このように、2乗、3乗で効くものがさまざまあります。たとえば、棒状のものに曲げる力を加えたときの強度に関わる特性値である断面2次モーメントは、横方向の寸法×縦方向の3乗に比例します(横幅b、縦幅hの長方形断面で $(1/12)bh^3$ 、直径dの丸棒だと $(\pi/64)d^4$)。つまり、強度を高めようと思ったら縦方向に伸ばした方が効果があります。一方で単純に大きくすると自重に関わる断面積も2乗で大きくなるため、断面積を抑えつつ断面2次モーメントを大きくする形状がH字断面やパイプです。また、横に渡した棒のたわみは、1カ所に集中して力のかかる場合は支持点の間隔の3乗に、自重のような等分布荷重によるたわみは4乗に比例して大きくなります(強度に影響する曲げの力はそれぞれ1・2乗)。機械の構造材などを長くした場合には大きな影響がでると覚悟する

必要があります。

そのほかの事例では、デジタル回路の消費電力は動作周波数×電圧の2乗なので、速度を落とすとともに電圧を下げるのが省エネになる、運動エネルギーは速度の2乗で、速度が上がると衝突時の危険度が跳ね上がる、空気などの流体による抵抗は速度の2乗に比例する分があるので、自動車の速度を上げると燃費がそれ以上に悪化する、といったことがあります。また、コンピュータによって機械構造や流体、電磁場などを解析するためのFEMという手法では空間を細かく区切って解析しますが、細部を解析するために区切るサイズを $1/2$ ＝分割数を2倍にしようとする、3次元解析の場合は3乗で効くため、全体的に8倍の演算量になります。これは単純計算では、コンピュータのメモリが8倍必要になり、演算時間8倍となります。そのため、この分野に関わるとどこまでも高性能なコンピュータが欲しくなります。

さて、ローラー滑り台、子育て経験のある職場の諸先輩方にたずねると口々に「あれは子どもと一緒に滑ってはだめ」と言うほどよく知られていたようです。無事に滑る方法は次の機会に検証したいと思います。それとともに物流のローラーコンベヤも案外同じような問題を抱えているのではないかと少し心配になりました。